

**Калмыков М.А.**

*Национальный
технический
университет Украины
«Киевский
политехнический
институт»*

Ясуник С.Н.**Романченко А.В.**

*Восточноукраинский
национальный
университет имени
Владимира Даля*

УДК 621.9.048

ПОВЕДЕНИЕ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ В КОНТЕЙНЕРАХ ВИБРАЦИОННЫХ СТАНКОВ

Аналізується поведінка робочого середовища в контейнерах вібраційних верстатів U-образної форми з різними конструктивними особливостями.

The conduct of working environment in the U-vivid containers of oscillation machine-tools with different structural features is analysed

Введение. Как известно, применение вибрационной обработки достаточно долгое время было проблематично для: деталей с массой, равной массе гранул рабочей среды (из-за их малой относительной скорости); плоских деталей (склонных к слипанию друг с другом и налипанию на стенки контейнера); деталей, имеющих «затененные» места и отверстия различного диаметра и глубины (ввиду отсутствия рекомендаций по выбору формы и размеров гранул рабочей среды); крупногабаритных деталей (которые требуют контейнеров с большими объемами, а также специальных приспособлений для фиксации или направления движения) [1]; а также длинномерных деталей (для которых сложно обеспечить равномерное поспойное циркуляционное движение рабочей среды вдоль всей длины контейнера) [2, 3].

Постановка проблемы. В данной статье рассмотрена возможность обработки последних деталей, т.к. на сегодняшний день существует проблема отделки труб, полученных прокатом. Часто трубы покрываются изоляционным покрытием с различными эксплуатационными требованиями. Для лучшего сцепления необходимо удалить окалину, оставшуюся с предварительной операции. Сцепление покрытий с поверхностью значительно повысится, если обеспечить на поверхности высокоразвитый микрорельеф.

Остановимся на понятии длинномерности деталей при вибрационной обработке и на причинах, тормозящих обработку некоторых деталей. Если при обработке на станках с жесткой кинематической связью проблема

длинномерности детали связана в первую очередь с возможностью ее (детали) прогиба при обработке и нарушении ее точностных параметров, то при вибрационной обработке это иные причины, а именно:

– детали, занимающие в процессе обработки определенное устойчивое положение – вдоль продольной оси контейнера, при этом поперечный размер детали (d) значительно меньше продольного размера – длины (L): $d \ll L$;

– длина детали превышает ширину поперечного сечения контейнера ($2R$, где R – радиус дна контейнера): $L > 2R$;

– длина детали стремится к длине контейнера L_k : $L \rightarrow L_k$;

– детали бесконечной длины, например, проволока: $L \gg L_k$;

– нежесткие легкие длинномерные детали, например, спицы.

Проблема последних деталей заключается в том, что в силу своей малой массы они не могут оказать сопротивление действию единичных, хаотически перемещающихся гранул и не могут самоориентироваться в объеме загрузки. В этом случае деталь не может занять определенное устойчивое положение в движущемся потоке, вращается и изгибается и т.д.

Детали большой длины типа труб, прутков, профилей составляют особую группу в технологии вибрационной обработки. Специфика формы обрабатываемых деталей накладывает определенные ограничения на формы и размеры оборудования и оснащения. Создание и применение вибрационных станков



большой длины или проходного типа не всегда может быть приемлемым и целесообразным, учитывая, что применение последних потребует резкого увеличения промышленных площадей, в связи с этим и рассматривается возможность обработки таких деталей с использованием вибрационных станков обычного типа.

В разработке технологических схем и конструкций спецоборудования для вибрационной обработки длинномерных деталей можно отметить три принципиально отличных направления. Одно из них предусматривает создание станков с размещением в рабочем контейнере всей детали, и, естественно, размеры контейнера в данном случае превышают размеры (прежде всего длину) обрабатываемой детали. Причем различают два конструктивных решения рабочего контейнера: цельный и многосекционный. Во второй схеме обработка длинномерной детали осуществляется в рабочем контейнере ограниченных размеров путем проталкивания или протягивания сквозь нее детали. И в третьем – это транспортирующее средство (типа конвейера), по которому движется в продольном направлении обрабатываемая деталь.

С целью определения поведения рабочей среды в контейнере вибрационного станка с различным соотношением ширины контейнера к его длине проводился следующий эксперимент. Рассматривались вибрационные станки моделей:

- УВИ-25: объем контейнера – 25 дм³; ширина контейнера – 240 мм; длина контейнера – 445 мм; следовательно, соотношение почти 1:2; станок имеет один вибровозбудитель;

- ВМИ-1004А: объем контейнера – 120 дм³; ширина контейнера – 280 мм; длина контейнера – 1180 мм; следовательно, соотношение почти 1:4; станок имеет два вибровозбудителя.

В данном эксперименте определялся уровень поднятия рабочей среды, как характеристика ее движения под воздействием колебаний контейнера, создаваемых вибровозбудителем (от которого не только зависит обрабатываемость изделия, но и его перемещение в процессе обработки), для чего была произведена раскадровка видеозаписи работы вибрационных станков с предварительным нанесением на внутреннюю стенку контейнеров координатной миллиметровой сетки. На кадрах видеосъемки фиксировалось начальное положение рабочей среды и положение в момент работы. При этом

в качестве рабочей среды использовался бой шарошлифовальных кругов, режимы следующие: амплитуда $A=1,5-3$ мм, частота $f=37-50$ Гц.

Выявлено, что при схеме обработки с соотношением 1:2, т.е. на УВИ-25, где нагрузка, передаваемая от вибровозбудителя, равномерна вдоль всей продольной оси, наблюдается и равномерный подъем (расширение объема) рабочей среды (рис. 1).

Подъем осуществляется на 25-35 мм в зависимости от АЧХ и типа рабочей среды. Несмотря на наличие ограничителей в виде торцовых стенок контейнера (являющихся дополнительным средством торможения рабочей среды), практически не наблюдалось изменений в поведении рабочей среды. Скорость движения у стенок и в центре контейнера практически не отличается.

В станке, у которого контейнер имеет соотношение ширины к длине более 1:4 и установлено два вибровозбудителя, т.е. ВМИ-1004А, наблюдается следующая картина (рис. 2).

Возникшая картина указывает на неравномерность распределения нагрузки и, возможно, на повышенную изгибаемость плиты, к которой крепятся вибровозбудители (толщина плиты 14 мм) и, соответственно, контейнера в сечении I-I. Именно эти колебания и приводят к изменению поведения рабочей среды на указанном участке и у стенок контейнера. Одновременно они могут привести к разрыву обечайки контейнера в сечении I-I. Подобная картина наблюдалась в грохотах [4].

Кроме возникновения опасного сечения, приводящего к возможной поломке оборудования, возникают и технологические сложности. Обрабатываемые детали (достаточно крупные и массивные), расположившись в различных зонах контейнера, начинают двигаться непредсказуемо (выныривать то одной, то другой частью, пытаться совершать вращение по двум взаимно перпендикулярным осям и т.д.), т.е. нарушается детерминированность потока. Это приводит к их спутыванию, повреждению поверхности, необрабатываемости некоторых частей поверхностей и остановке движения.

С целью выявления влияния распределения масс вибрирующего контейнера (станка УВИ-25) при обработке длинных деталей одна из торцовых стенок контейнера была заменена на прозрачную, более легкую (металлическая стенка 4,63 кг, стенка из оргстекла 0,98 кг), после чего производился



контроль за движением элементов рабочей среды и деталей.

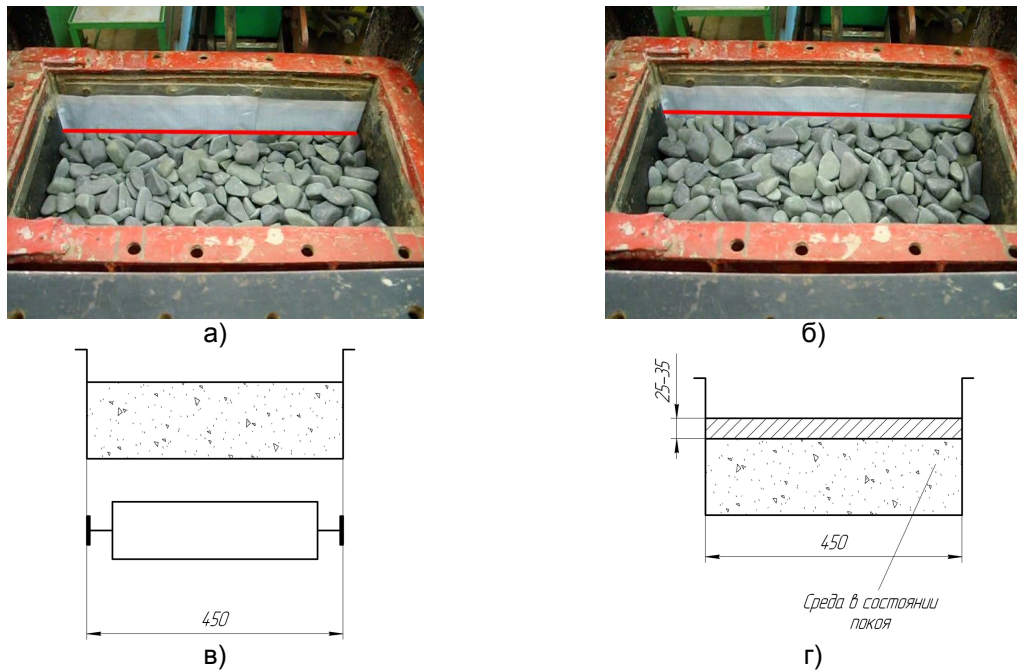


Рис. 1. Вибрационный станок модели УВИ-25: а - кадры видеосъемки состояния среды в статике; б - кадры видеосъемки состояния среды в динамике; в – схема расположения вибровозбудителя относительно контейнера; г – эпюра перемещений рабочей среды

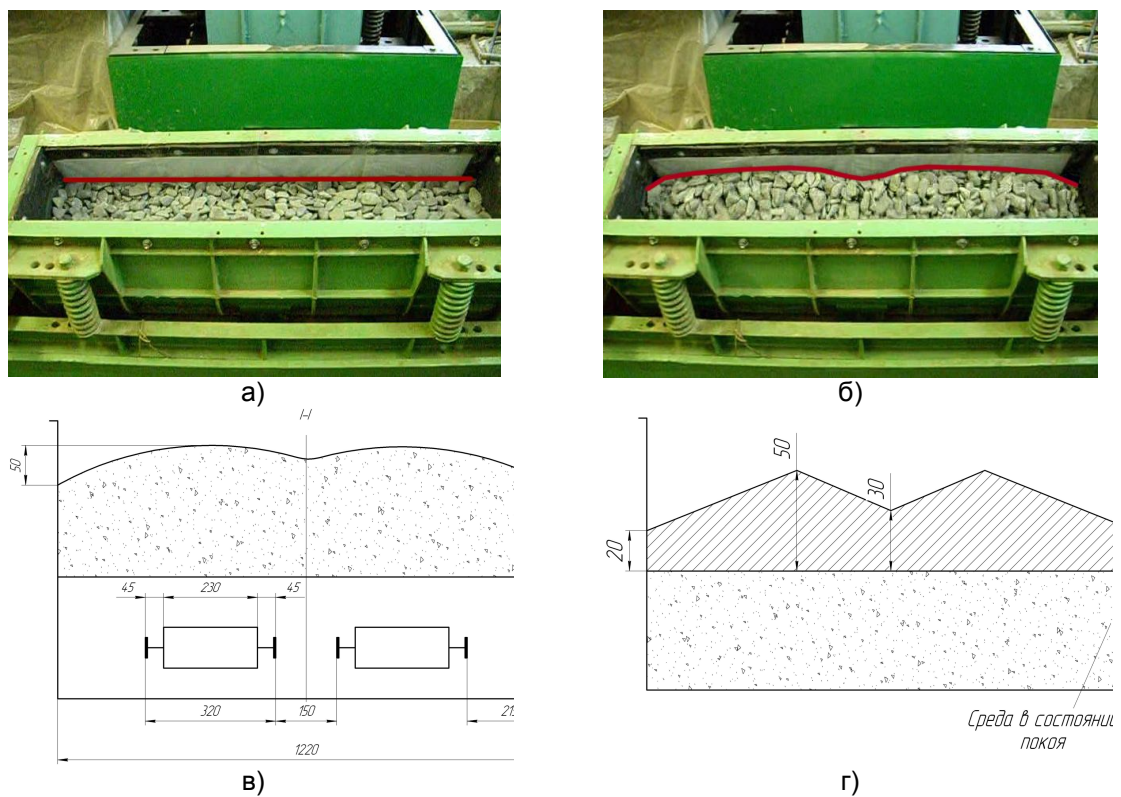
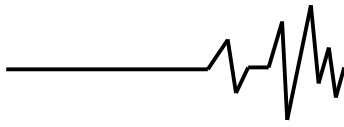


Рис. 2. Вибрационный станок модели ВМИ-1004А: а - кадры видеосъемки состояния среды в статике; б - кадры видеосъемки состояния среды в динамике; в – схема расположения вибровозбудителя относительно контейнера; г – эпюра перемещений рабочей среды



В процессе наблюдения через прозрачную стенку за движущейся рабочей средой, в которой помещен образец, установлено, что труба стала совершать неустойчивое движение, при этом рабочая среда у прозрачной стенки, как оказалось, двигалась значительно быстрее (что визуально наблюдалось сверху), образуя зону ускоренного движения, эта зона составляла 15-20% от общей длины контейнера. Торцевая часть трубы, которая находилась в зоне этого ускоренного движения, совершала круговое движение, радиус окружности, описывающей траекторию данного движения, был в два раза больше, чем радиус окружности, описывающей траекторию движения торцевой части трубы, находящейся вне этой зоны, у противоположной стенки контейнера. Можно предположить, что этот эффект был обусловлен тем, что прозрачная стенка была значительно легче оригинальной и, соответственно, второй торцевой стенки, при этом изменился и коэффициент трения, т.к. был использован другой материал. Т.е. в контейнере имелось неравномерное распределение как нагрузки, так и различного материала футеровки торцевых стенок. Как оказалось, длинномерные детали реагируют на подобные изменения. Это связано с тем, что их

протяженность (длинномерность) делает их чувствительными к любому изменению в конструкции станка, влекущему за собой изменение в поведении рабочей среды, и, соответственно, воздействует на детали, а они (детали) в это время находятся во всех зонах одновременно. При этом возникал и эффект вибротранспортирования образца от облегченной стенки к оригинальной, хотя сама рабочая среда не перемещалась.

Следует отметить, что на мелкие детали данный эффект не оказывал существенного влияния, что многократно подтверждено экспериментальными исследованиями. Независимо от изменений в конструкции станка (замена торцевой стенки), детали, расположенные в процессе обработки в различных зонах (у замененной торцевой стенки, у оригинальной стенки и т.д.), неизменно находились у них на протяжении всего процесса (рис. 3). Это обусловлено тем, что мелкие детали, как правило, не выходят за пределы зоны обработки, т.к. на них не оказывают влияния изменения в рабочей среде, происходящие на соседних участках, т.е. они не чувствительны к продольному изменению в поведении рабочей среды по длине контейнера.

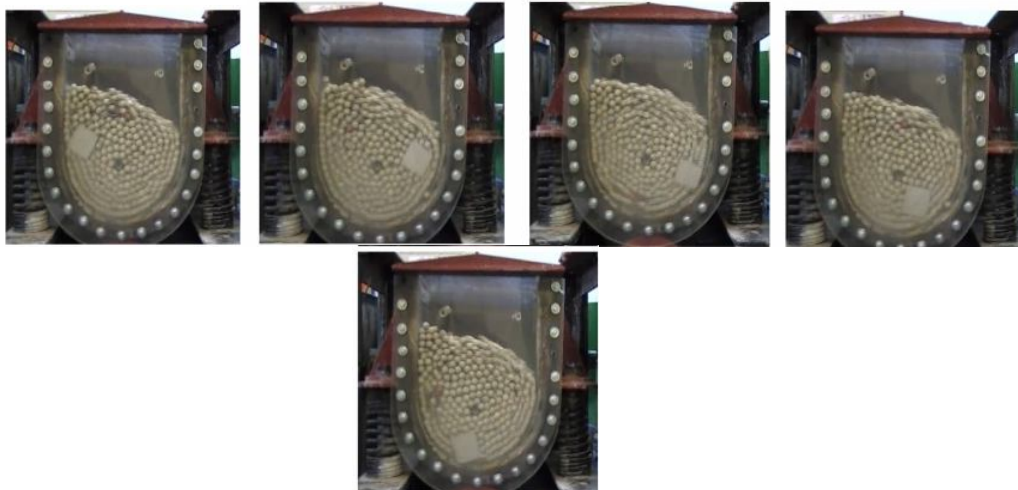
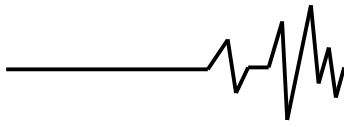


Рис. 3. Движение мелких деталей в рабочей среде контейнера с прозрачной торцевой стенкой

В данном случае поведение вращающейся рабочей среды и нечувствительность мелких и средних деталей объясняется превалированием одного из ее свойств – несвязностью ее единичных элементов в продольном сечении по длине контейнера.

В дальнейшем этот эффект был устранен. Были установлены две одинаковые прозрачные стенки. Визуально наблюдалось, что длинномерная деталь совершает устойчивое циркуляционное движение в движущейся рабочей среде (рис. 4). Для обеспечения такого движения необходимым условием является равномерное



распределение динамических усилий по длине контейнера с созданием одинаковых краевых условий.

Заключение. Данные исследования показали, что для обработки длинномерных деталей (т.е. деталей, соизмеримых по размерам с длиной контейнера) возможно

использование традиционных схем оборудования, но с обеспечением устойчивого детерминированного движения потока рабочей среды. Т.о. возникает вопрос о возможности создания станков с длинными контейнерами, необходимыми для обработки, соответственно, длинномерных деталей.



Рис. 4. Фрагменты видеосъемки движения длинномерной детали в движущейся рабочей среде

В этом случае предлагается использовать специальные протяженные вибровозбудители (рис. 5 а) или вибровозбудители, расположенные симметрично на торцевых стенках контейнера

(рис. 5 б), однако при такой конструкции необходимо производить расчет обечайки на изгибную жесткость, т.к. может возникнуть проблема с неравномерностью распределения нагрузок, аналогичная с ВМИ-1004А.

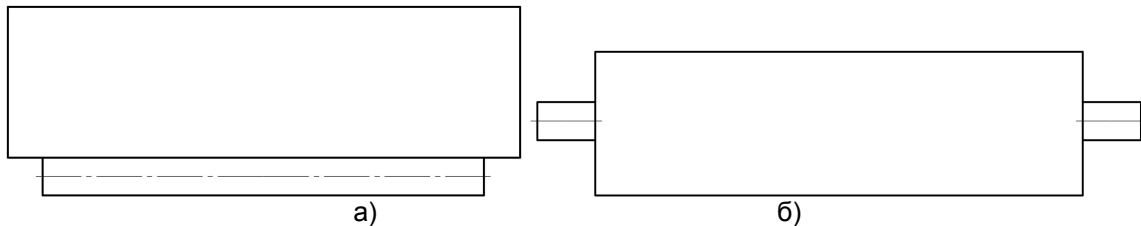


Рис. 5. Варианты компоновки вибрационных станков, рекомендуемых для обработки длинномерных деталей: а – с протяженным вибровозбудителем; б – с двумя вибровозбудителями, расположенными на торцевых стенках контейнера

Подобные расчеты можно произвести, используя SolidWorks 2009.

Литература

1. Лубенская Л.М. Расширение технологических возможностей вибрационной обработки деталей / Л.М. Лубенская, С.Н. Ясуник, Н.И. Пичугин // Вібрації в техніці та технологіях. - 2009. - №4(56). - С. 103-106.

2. А.с. 952544 СССР, МКИ В 24 В 31/06. Устройство для вибрационной обработки длинномерных деталей / А.П. Бабичев, Э.С.

Комбай, И.Н. Левин, В.Н. Щербаков, Т.Н. Рысева (СССР). - № 2991674/25-08: Заявл. 09.10.80; Опубл. 23.08.82; Бюл. №31. – 2 с.

3. А.с. 804391 СССР, МКИ В 24 В 31/06. Вибрационная машина для обработки длинномерных и крупногабаритных изделий / П.Д. Денисов, Н.Ф. Брайлян, В.М. Кунин. - №2749418/25-08; Заявл. 09.04.79; Опубл. 15.02.81. Бюл. №6. – 2 с.

4. Вайсберг Л.А. Проектирование и расчет вибрационных грохотов / Л.А. Вайсберг. – М.: Недра, 1986. – 145 с.